

УДК 681.786.23

# ПРИНЦИП ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБЪЕКТА ОТСКАНИРОВАННЫХ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Е. Ю. Жук\***

Контактный тел.: (057) 773-66-14

E-mail: zhuk\_k@mail.ru

**Т. А. Колесникова**

Кандидат технических наук, доцент

Контактный тел.: (057) 702-13-78

E-mail: kolesnikova.rabota@gmail.com

**Ю. И. Федько\***

Контактный тел.: 095-311-50-84

E-mail: Lili218@yandex.ru

\*Кафедра медиасистемы и технологии

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 63000

*В роботі досліджується алгоритм оцінки розмірів базових структурних елементів відсканованих цифрових зображень, який заснований на підрахунку довжини серій. Наведено аналітичні та практичні результати дослідження, проводиться перевірка ефективності роботи запропонованого алгоритму*

*Ключові слова: обробка зображень, серії, цифрова лініатура*

*В работе исследуется алгоритм оценки размеров базовых структурных элементов отсканированных цифровых изображений, который основан на подсчете длин серий. Приведены аналитические и практические результаты исследования, проводится проверка эффективности работы предложенного алгоритма*

*Ключевые слова: обработка изображений, серии, цифровая линиатура*

*The algorithm for estimating the size of the basic structural elements of the scanned digital images, which is based on calculating the length of runs, is investigated in this work. The analytical and practical results of research are presented, the inspection of the effectiveness of the proposed algorithm is made*

*Keywords: image processing, series, digital screen ruling*

## Введение

В ряде задач анализа изображений документов [1] используются образцы, полученные путем сканирования документов, напечатанных полиграфическим способом. Очевидно, такие образцы обладают рядом искажений, вызванных процессом печати-сканирования: зашумленность, геометрические искажения, размытие, погрешности дискретизации и квантования и др.

Как показано в [2], влияние этих искажений может быть уменьшено путем использования сканирующих устройств заведомо большего разрешения, нежели разрешение полиграфического устройства, которым были напечатаны используемые документы. Однако в этом случае неизбежно масштабирование базового элемента структуры анализируемых изображений, вследствие которого некоторые процедуры их обработки, в частности, обработка скользящим окном заданного размера, будут давать не вполне корректные результаты.

Для решения данной проблемы необходимо предварительно оценить коэффициент масштабирования базового элемента структуры в результате цикла печати-сканирования. Если известна линиатура (плотность полиграфического раstra) печатающего устройства, то решение этой задачи не представляет трудностей, однако в ряде случаев линиатура не из-

вестна, и задача требует специальных методов компьютерного анализа, один из которых и предлагается в настоящей работе.

Для удобства терминологии введем понятие цифровой линиатуры как коэффициента увеличения геометрических примитивов в результате процесса печати-сканирования. Заметим, что численно цифровая линиатура будет равна размеру минимальных базовых элементов изображения в пикселях. В дальнейшем мы будем понимать под линиатурой не физическую, а именно цифровую линиатуру. Пользуясь данной терминологией, можно сформулировать поставленную задачу как оценку линиатуры отсканированного цифрового изображения.

Существующие методы оценки размеров базовых элементов изображения основаны, большей частью, на концепции обработки изображений с мультиразрешением (Scale Space Image Processing). Наиболее детально разработанный алгоритм, основанный на данном подходе, описан в [3]. Однако, несмотря на универсальность и отсутствие серьезных ограничений, накладываемых на тип анализируемого изображения, практическое применение данного алгоритма ограничено из-за высокой вычислительной сложности. Кроме того, данный алгоритм является итерационным, и время его работы линейно зависит от размера базовых элементов структуры анализируемого изображения.

Целью данной работы является разработка прямого однопроходного алгоритма, позволяющего оценить величину линиатуры.

### Общая идея алгоритма

Большинство сканеров на выходе дают полноцветное RGB изображение. Поскольку для решения задачи оценки линиатуры не представляет интереса не только цвет, но и яркость точек изображения, на предварительном этапе необходимо преобразовать изображение к бинарному.

Предлагаемый метод основан на подсчете статистики длин серий одинаковых (в бинарном случае – черных) пикселей при горизонтальном и вертикальном проходе изображения. В дальнейшем мы исходим из предположения, что максимуму этой статистики (наиболее часто встречающейся длине серии) будет соответствовать значение линиатуры, то есть фактически размера базового элемента структуры в пикселях. Однако данный подход влечет за собой некоторые трудности, вызванные, к примеру, попаданием в статистику «посторонних» серий, соответствующих краевым участкам объектов на изображении.

### Метод оценки направления в окне

Известно множество методов построения поля направлений. Однако для оценки линиатуры необходимо посчитать не все поле направлений для изображения, а лишь локальное поле направлений в точках начала и конца серий, в окрестности которых, как правило, находится примерно одинаковое количество черных и белых пикселей. Поэтому в данном случае оно определяется как направление из центра окна на центр масс черных точек в локальном окне. Размер окна выбирается равным

$$n = \min\{L_{\text{white}}, L_{\text{black}}\}$$

где  $L_{\text{black}}$  – длина текущей черной серии, а  $L_{\text{white}}$  – длина ближайшей белой серии. На  $n$  накладываются дополнительное ограничение сверху и снизу, чтобы избежать с одной стороны излишне грубых оценок, а с другой – лишних вычислений. В данной работе использовалось ограничение  $n \in [7, 30]$ .

### Вычислительный эксперимент

При проведении эксперимента использовались отсканированные изображения документов, напечатанных различными устройствами печати.

В частности, на рис. 3-4 приведены гистограммы длин горизонтальных серий для изображений на рис. 1-2. Следует отметить, что для изображения на рис. 2, которое было напечатано и отсканировано с высоким разрешением, всплеск статистики пришелся не только на линиатуру, но и на длины серий, кратные линиатуре. Однако для большинства проанализированных изображений гистограмма имеет вид, сходный с гистограммой первого изображения.

лением, восстановлением, кодированием и соответствии с программой курса разделены задачи в области цифровой обработки изображений в системах, форматах файлов изображений. Кратко поясняются в отдельном разделе анализируется проблема оценки как визуальные (качественные), так и объективные критерии качества обработки изображений на различных методах обработки изображений. При этом в работе лежат две важнейшие задачи – улучшение

Рис. 1. Изображение «Текст»

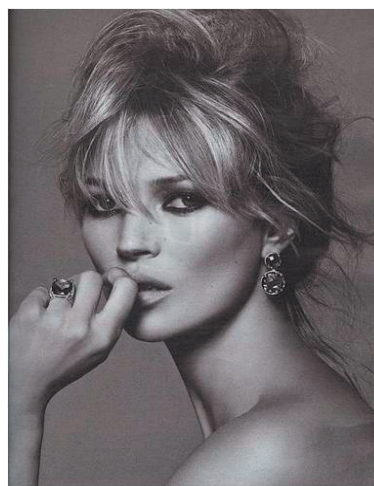


Рис. 2. Изображение «Портрет»

### Оценка времени работы алгоритма

Очевидно, время работы  $T$  предлагаемого алгоритма линейно зависит от общего количества пикселей анализируемого изображения, от количества пикселей, обрабатываемых при подсчете локальных полей направлений, и может быть выражено соотношением:

$$T = a \cdot V \cdot H + b \times \sum_{k=1}^K [(\min\{L_{\text{black}}^k, L_{\text{white}}^{k,0}\})^2 + (\min\{L_{\text{black}}^k, L_{\text{white}}^{k,1}\})^2] \quad (5)$$

где  $V, H$  – ширина и высота изображения,  $k$  – порядковый номер черной серии,  $K$  – общее количество черных серий,  $L_{\text{black}}^k$  – длина  $k$ -ой черной серии,  $L_{\text{white}}^{k,0}$  – длина белой серии, предшествующей  $k$ -ой черной серии,  $L_{\text{white}}^{k,1}$  – длина белой серии, следующей за  $k$ -ой черной серией, а и  $b$  – постоянные величины.

Очевидно, в силу зависимости размера локального окна при оценке направлений от длин двух серий и невозможности определить общее количество серий и их длины (поскольку в статистику попадают далеко не все), практическая проверка формулы (5) по

результатам работы программы невозможна без дополнительных алгоритмических изменений. Однако приближенно время работы алгоритма может быть оценено по формуле:

$$T \approx \alpha \cdot V \cdot H + \beta \cdot \sum_{n=1}^{n_{max}} S_n \cdot n^2 \tag{6}$$

где  $n$  – текущая длина серии,  $n_{max}$  – наибольшая анализируемая длина серии,  $S_n$  – количество серий длины  $n$ , попавших в статистику,  $\alpha$  и  $\beta$  – постоянные.

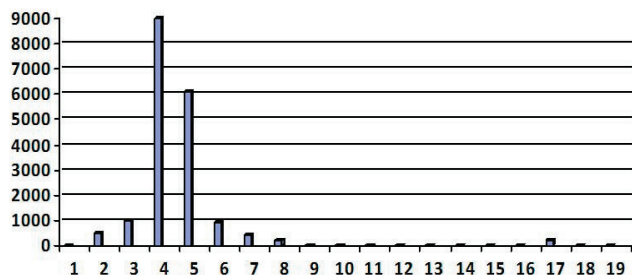


Рис. 3. Гистограмма длин серий для изображения «Текст»

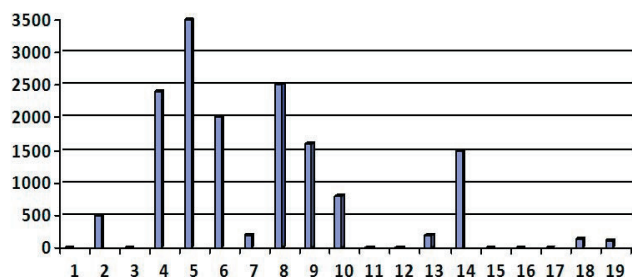


Рис. 4. Гистограмма длин серий для изображения «Портрет»

В формуле (6) завышены размеры окна, однако не учитываются не включенные в статистику серии. Как

показали сравнения значений времени, полученных по формуле (6), с реальным временем работы программы, эти допущения в некоторой степени «нейтрализуют» друг друга, и оценка получается близкой к экспериментальным полученным значениям.

В качестве примера в табл. 1 приведены значения  $V \cdot H$  и  $\sum_{n=1}^{n_{max}} S_n \cdot n^2$ , а также практического  $T_{pr}$  и теоретического  $T_{gr}$  (по формуле (6)) времени для четырех изображений. По первым двум из них определены коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  из условия равенства  $T_{pr}$  и  $T_{gr}$ , которые затем подставлены в формулы для других двух изображений. Полученные теоретические значения оказались довольно близкими к практическим.

Таблица 1

Расчет времени работы программы

№ изображения	V H, пикселей	$\sum_{n=1}^{n_{max}} S_n \cdot n^2$ , пикселей	$T_{pr}$ сек.	$T_{gr}$ сек.
1	5 719 728	4 394 467	19	19
2	1 444 851	668 581	4	4
3	3 247 200	2 932 689	10	11,5
4	9 606 790	2 932 704	21	23,8

**Заключение**

В данной работе предложен прямой алгоритм оценки линиатуры отсканированного изображения, базирующийся на подсчете длин серий и вычислении локального поля направлений. Время работы алгоритма линейно зависит от размеров изображения, что существенно меньше времени работы известных алгоритмов решения данной задачи.

**Литература**

1. Сойфера В.А. Методы компьютерной обработки изображений [Текст]/В.А. Сойфера. – М.: Физматлит, 2001. – 784 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений [Текст]: пер. с англ./ Гонсалес Р., Вудс Р. – М.: Техносфера, 2005.-1072 с.
3. Прэйт У. Цифровая обработка изображений [Текст]: пер. с англ./ - М: Мир, 1982. - Т. 1, 2. 791с.